BEITRÄGE

zur

Anatomie der Silikatflechten

INAUGURAL-DISSERTATION

verfaßt und der

Hohen philosophischen Fakultät der Kgl. Bayer. Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

vorgelegt

am 17. Februar 1904

von

Albert Friederich

aus Cannstatt a. N.

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

STUTTGART

Hofbuchdruckerei Zu Gutenberg, Carl Grüninger (Klett & Hartmann)

1904

Meinen lieben Eltern

in Dankbarkeit gewidmet.

Einleitung.

Die Untersuchungen der Krustenflechten aus der jüngsten Zeit haben, obwohl sie noch wenig zahlreich sind, doch schon unzweifelhaft dargetan, daß der anatomische Aufbau des Thallus in hohem Grade von dem Charakter der Unterlage abhängig ist. Mit wenig Ausnahmen bezogen sich diese Untersuchungen auf Kalkflechten, welche namentlich durch Bitter, Zukal, Fünfstück, Bachmann, Lang eingehende Bearbeitung fanden. Insbesondere war es Lang[1], welcher nachwies, daß die Zusammensetzung der Unterlage nicht nur auf den Chemismus, sondern ganz besonders auch auf die anatomische Differenzierung der Krustenflechten von erheblichem Einfluß ist: „Je ausgeprägter die endolithische Natur hervortritt, desto dürftiger ist die Gonidienregion entwickelt. Infolge dieses empfindlichen Reaktionsvermögens kann ein- und dieselbe Art auf verschiedenen Unterlagen sehr verschiedenen morphotischen Charakter erlangen, auf welche Erscheinung die Flechtensystematik viel mehr als seither Rücksicht zu nehmen haben wird."

Die Silikatflechten sind in dieser Beziehung noch sehr wenig erforscht; es liegen nur ganz vereinzelte Beobachtungen vor. Ich stellte mir daher die Aufgabe, zu untersuchen, ob auch die sogen. Kieselflechten in bezug auf ihren anatomischen Aufbau von ihrer Unterlage abhängig sind.

Während nun bei den auf Kalkgestein wachsenden Krustenflechten eine Untersuchung auch des in das Substrat selbst eingedrungenen Thallus infolge der Löslichkeit des Gesteines in verdünnter Säure keine weitere Schwierigkeit bietet, fällt diese Erleichterung der Untersuchung bei den auf stark silikathaltigem Substrate wachsenden Krustenflechten weg. Vielmehr bedarf es hier einer mühe-

[1] E. Lang: Beiträge zur Anatomie der Krustenflechten in Fünfstücks Beiträgen zur wissenschaftlichen Botanik, Bd. V, pag. 185.

vollen und zeitraubenden Untersuchung mittels Lupe und Präpariernadel, um den ins Substrat selbst eingedrungenen Thallusteil zu verfolgen. Bei den stärker kalkhaltigen Silikatgesteinen gelingt mit verdünnter Salzsäure durch Herauslösen des Kalkes wenigstens eine Lockerung des Gefüges. Dies ist jedoch bei reinem Silikatgestein ausgeschlossen. Hier fand ich es nach vielen Versuchen am vorteilhaftesten, wenn man nicht mit der Nadel von oben her in das Gestein einzudringen versucht, sondern sich durch Spalten des Substrats Spaltstücke herstellt von der ungefähren Form eines Prismas. Wenn man dann von dem dünnen Rande her allmählich gegen die dickere Mitte zu mit der Beobachtung fortschreitet, kann man genau erkennen, wieweit noch Thallusteile in das Substrat eindringen.

Es leistete mir bei diesen Untersuchungen der Zeißsche Simplex neuester Konstruktion vorzügliche Dienste. Es läßt sich bekanntlich mit demselben eine 12—100fache Vergrößerung erzielen, wobei auch bei 100facher Vergrößerung das Tageslicht völlig zur Beleuchtung ausreicht und der Abstand zwischen Untersuchungsobjekt und Objektiv noch groß genug ist, um ein Hantieren mit Präpariernadeln zu gestatten. Eine weitere Annehmlichkeit des fraglichen Instrumentes besteht darin, daß das Objekt in natürlicher Lage und nicht wie beim Mikroskop umgekehrt gesehen wird.

Die im nachstehenden mitgeteilten Untersuchungen sind im botanischen Institut der Kgl. Technischen Hochschule zu Stuttgart ausgeführt worden.

Das Material zu denselben wurde mir von Herrn Professor Dr. M. Fünfstück in liebenswürdigster Weise überlassen, wofür ich demselben auch an dieser Stelle meinen wärmsten Dank ausspreche.

Ich wende mich nunmehr der Mitteilung der Einzelergebnisse meiner Untersuchungen zu.

Spezieller Teil.

Staurothele rugulosa (Th. Fr.) Mass.

Schon bei makroskopischer Untersuchung findet man einen bedeutenden Unterschied z. B. zwischen der von Lang eingehend untersuchten Sarcogyne simplex (Dav.) als Vertreterin einer typischen Kalkflechte und unserer Staurothele rugulosa (Th. Fr.) Mass. als Vertreterin der Silikatflechten.

Während Sarcogyne nur mit den Früchten an die Oberfläche tritt, ist bei Staurothele ein starker Thallus dem Substrat aufgelagert.

Der Thallus von Staurothele rugulosa (Th. Fr.) Mass. hat in trockenem Zustand eine graue Farbe, angefeuchtet wird er rasch graugrün. Es mag jedoch gleich hier bemerkt werden, daß das Gebilde, das man bisher allgemein als Thallus bezeichnet hat, hier bei Staurothele, wie auch bei vielen anderen Krustenflechten, kein einheitliches Gebilde darstellt, wie bei den Laubflechten, sondern aus vielen einzelnen Schollen besteht, daran jede für sich ein selbständiger Thallus ist. Die Form eines solchen einzelnen Thallus ist meist ein unregelmäßiges Polygon, wenigstens in der Mitte der Flechtenansiedlung. Am Rande der letzteren, wo sich die Thalli unbeengt entwickeln können, sind sie sämtlich rund. Sie behalten diese Form jedoch nur so lange, als sie nicht durch Aneinanderstoßen oder durch Ungleichheit des Substrats in ihrem Wachstum beeinträchtigt werden. Anfänglich sind die Hyphen in den Einzelthalli auffallend regelmäßig konzentrisch angeordnet, und erst nach und nach werden sie durch den seitlichen Druck aus dieser regelmäßigen Lage verdrängt.

Wenn ein solcher Einzelthallus mit einem andern in Berührung kommt, so hört merkwürdigerweise sein Wachstum sofort auf und es bildet sich ein sogenannter Begrenzungssaum. Die Hyphen der einzelnen Schollen wachsen also nicht durcheinander, sondern letztere bleiben scharf voneinander gesondert. Und eben diese Begrenzungssäume, die an jeder Scholle gefunden werden, beweisen, daß letztere keine Fragmente eines Thallus sind, die etwa durch Austrocknen und Zerreißendes Thallus entstanden sind, also auf mechanischem Wege, sondern daß eben jede Scholle einen selbständigen Thallus darstellt. Ein solcher Saum geht durch den ganzen epilithischen Thallus hindurch bis auf das Substrat.

Schon Bitter[1] hat diese eigentümliche Erscheinung bei andern Flechten beobachtet; ich kann in dieser Beziehung seine Angaben in vollem Umfang bestätigen.

Die Farbe des Begrenzungssaumes ist bei Staurothele rugulosa (Th. Fr.) Mass. dunkelbraun. Die Hyphen sind ziemlich kurzgliedrig. Bei einem Durchmesser des Thallus von 300 μ betrug die Dicke des Saumes 15—20 μ.

---

[1] Gg. Bitter, Über das Verhalten der Krustenflechten beim Zusammentreffen ihrer Ränder. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. Bd. XXXIII. Heft 1. pag. 55 ff. und 63.

Die Größe der Schollen schwankt sehr; die kleinsten waren nur bei 60facher Vergrößerung zu erkennen. Solche ganz jungen Thallusanlagen besaßen eine kreisrunde Form, nach oben halbkugelig gewölbt. Nach reichlicher Wasserzufuhr hatten sie eine hellgrüne Farbe und weißen Rand. Bei einem senkrecht geführten Schnitt sieht man, daß die Gonidien linear angeordnet sind und diese Gonidienschnüre alle von einem Punkt strahlenförmig ausgehen, so daß es den Anschein hat, als ob das Wachstum des ganzen Thallus von eben diesem Punkt aus seinen Ursprung genommen habe. Es fragt sich nun, ob letzteres in der Tat der Fall ist.

Soredienbildung, welche die Erscheinung am einfachsten erklären würde, kommt nicht in Betracht, denn sie ist bei Staurothele rugulosa (Th. Fr.) Mass. nicht vorhanden.

Es lag nun zunächst die Vermutung nahe, die zahlreichen, winzigen Thalli könnten vielleicht die Keimungsprodukte von Sporen darstellen. Form und Anordnung der fraglichen Thalli schien dafür zu sprechen. Meines Wissens sind bis jetzt allerdings in der freien Natur ausgekeimte Flechtensporen noch niemals beobachtet worden. Ich suchte nach auskeimenden Sporen, indem ich eben diese kleinsten Thalli mit der Nadel vorsichtig abhob und unter dem Mikroskop nach leichtem Quetschen nach etwa vorhandenen Sporen abmusterte. Trotz sehr vielen Suchens gelang es mir nur ein einziges Mal ein Gebilde zu finden, das vollständig das Aussehen einer Staurothelespore hatte: ellipsoidische Form, farblos und mauerförmig geteilt. Auch die Größenverhältnisse stimmten. Wenn es mir auch nicht gelang, das Austreten der Keimschläuche sicher zu erkennen, denn dazu war die Anlage in der Entwicklung schon zu weit vorgeschritten, so ist immerhin die Wahrscheinlichkeit sehr groß, daß jenes Gebilde aus einer auskeimenden Spore entstanden war.

Es ist jedoch nicht anzunehmen, daß jeder Einzelthallus nur aus auskeimenden Sporen entsteht, da man sonst viel häufiger Sporen oder deren Reste finden müßte. Ferner fand ich oft genug junge Thalli von nur 40 μ Durchmesser, während die Sporen 22—30 μ lang und 12—14 μ breit sind, mithin der Beobachtung in solchen Fällen nicht hätten entgehen können. An der Entwicklung solcher Thallusanlagen sind auskeimende Sporen sicher unbeteiligt.

Bei der Abmusterung des Substrates mit dem Simplex außerhalb der Peripherie der Gesamtkruste machte ich eine Beobachtung,

welche mir geeignet erscheint, eine Erklärung für den eigentümlichen Entwicklungsgang unserer Flechte zu bieten. Man findet nämlich noch in ziemlich weiter Entfernung im ganzen Umkreis um die Flechtenkruste einzelne Hyphenfäden, welche von den Thallusbildungen ausgehen. Es ist nun anzunehmen, daß, wenn geeignete Gonidien mit diesen Hyphen in Berührung kommen, sich diese zu einem neuen Thallus entwickeln. Dadurch wird dann auch die Kleinheit der jungen Thalli erklärlich — kaum 50 μ Durchmesser — was nicht der Fall wäre, wenn man annehmen wollte, daß sie aus Trümmern eines älteren Thallus hervorgegangen wären. Gegen letztere Annahme spricht auch die überaus regelmäßige Form der in Rede stehenden Anlagen. Die Wahrscheinlichkeit, auf Gonidien zu treffen, ist aber für die das Substrat überwuchernden Hyphen sehr groß, denn Staurothele rugulosa (Th. Fr.) Mass. produziert reichlich Hymenialgonidien, die gegenteilige Angabe von Sydow[1], welcher dementsprechend die Flechte in die Gattung Polyblastia (Th. Fr.) Mass. stellt, ist unrichtig. Die aus den Früchten ejakulierten Hymenialgonidien dürften ohne Zweifel durch Niederschläge auf relativ beträchtliche Entfernungen von ihrem Entstehungsort fortgeschwemmt werden.

Sehr wesentlich war ferner der Unterschied zwischen Kalk- und Silikatflechten in bezug auf das Verhältnis zwischen Dicke der Gonidien- und Hyphenschicht.

Lang fand für Sarcogyne simplex (Dav.) auf Kalk, daß sich im Gestein eine 600—700 μ starke Gonidienschicht findet, und die Hyphen bis 15 mm ins Substrat eindringen. Die genannte Flechte gehört also zu den typisch endolithischen Formen. Bei unserer Staurothele stellen sich die in Rede stehenden anatomischen Verhältnisse ganz anders dar. Auf grobkörnigem Substrat ist der anatomische Aufbau folgender: Die epilithische Gonidienschicht hat, in der Mitte gemessen, eine Dicke von ca. 600 μ, der Berindungssaum ist dabei 12—18 μ dick. Die Hyphen dringen hier bis 6 mm in das Gestein ein und sind zu Strängen vereinigt; die einzelnen Hyphen sind ca. 5 μ dick und die Zellen haben nur eine Länge von 20 μ, das Mycel ist also als recht kurzgliedrig zu bezeichnen.

Auf feinkörnigem Substrate beträgt die Dicke des gesamten Thallus nur 350 μ. Die Hyphen dringen nur 1—1,5 mm tief ein, sind nicht zu solch großen Bündeln vereinigt, sondern es entwickeln sich nur ganz feine Stränge.

---

[1] P. Sydow, Die Flechten Deutschlands, pag. 275. Berlin 1887.

In einem andern Fall, ebenfalls bei Staurothele, auf grobkörnigem Substrat, besaß die Gonidienschicht eine Mächtigkeit von 500 μ, während sich die Hyphen 3 mm tief in das Substrat verfolgen ließen. Es ergibt sich somit als Verhältnis zwischen Gonidien- und Hyphenschicht im ersten Falle 1:10, im zweiten 1:4 und im dritten 1:6. Es besteht also eine große Differenz zugunsten der Gonidienschicht gegenüber Sarcogyne mit 1:20—30. Es wird dadurch zunächst die Feststellung Langs bestätigt, daß die relative Mächtigkeit der Gonidienzone um so geringer ist, je tiefer der Thallus sich in das Substrat einsenkt.

Während ferner bei den tiefer in die Unterlage eindringenden Kalkflechten allgemein die sogen. Sphäroidzellen gefunden werden — das sind Zellen, die durch Anfüllung mit Fett zu kugeligen Gebilden umgewandelt sind —, fehlen diese bei Staurothele vollständig, auch dann, wenn die Hyphen bis zu einer Tiefe in das Substrat hinabwachsen (ca. 6 mm, cf. oben), in welcher erfahrungsgemäß bei Kalkflechten reichlich Sphäroidzellen oder Ölhyphen angetroffen werden. Nach den eingehenden Untersuchungen Fünfstücks[1] ist dies in keiner Weise überraschend, sondern spricht vielmehr für die Richtigkeit seiner Auffassung, daß nämlich durch Zersetzung des Calciumkarbonates das Fett in den Hyphen entstehe.

Die Hyphen dringen bei Staurothele zwischen den einzelnen Quarzkörnern in das Substrat ein, was sich namentlich leicht verfolgen läßt, wenn dasselbe aus grobkörnigem Sandstein besteht. Dabei werden die Quarzkörner eng von den Hyphen umsponnen, indem sie sich nach allen Seiten darauf verzweigen.

Es erschien mir von vornherein wahrscheinlich, daß der Quarz ein unentbehrliches Lebenselement für unsere Flechte darstellt und von den Hyphen angegriffen wird, denn die Flechte kommt auf quarzfreiem Gestein nicht vor. In der Tat habe ich des öfteren Quarzstückchen gefunden, an denen die Hyphenstränge so fest hafteten, daß sie ohne Verletzung nicht losgelöst werden konnten. Nach der Entfernung der Hyphen zeigten sich dann an solchen Quarzkörnern dem Verlauf der Stränge entsprechende Korrosionen, eine Erscheinung, welche auch Lang bei einigen andern Flechten beobachtet hat.

---

[1] M. Fünfstück, Die Fettabscheidungen der Kalkflechten, in „Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik“ Bd. I, pag. 157 ff. Stuttgart 1897.

Birger Nilsen[1] bezweifelt zwar das Vorhandensein von Beziehungen zwischen der chemischen Beschaffenheit des Substrates und der Flechte, führt jedoch keinerlei Gründe dafür an und dürfte im Hinblick auf die in dieser Beziehung völlig übereinstimmenden Untersuchungsergebnisse Bachmanns, Fünfstücks, Zopfs, Bitters und Langs und den oben mitgeteilten Beobachtungen für seine Anschauung wenig Anhänger gewinnen.

Imbricaria Mougeotii Schaer.

Pfal bei Viechbach, Niederbayern.

Arn. Lich. exsicc. No. 1578.

Das Substrat des Untersuchungsmaterials bestand aus von Calciumkarbonat vollständig freiem Quarz. Das Lager der Flechte stellt im Gegensatz zu Staurothele rugulosa (Th. Fr.) Mass. ein zusammenhängendes Ganzes dar, ist am Rande blattartig gegliedert mit unregelmäßig dichotomer Verästelung. Der Thallus ist dem Substrate fest angepreßt, derbhäutig, von kreisförmigem Umfang und besitzt durchschnittlich eine Breite von 1 cm. Die Oberfläche ist ganz glatt und glänzend. Das Lager ist gelbgrün, nur in der Mitte dunkelgrün gefärbt und hauptsächlich nach der Mitte zu mit flachen, weißgelben Soredien besetzt. Durch letztere läßt sich bekanntlich diese Spezies leicht von sonst habituell sehr ähnlichen Arten unterscheiden.

An einem Querschnitt durch einen dem Substrat eng angeschmiegten Thalluslappen zeigt sich, daß auf der Unterseite bis 110 μ lange Rhizinen vorhanden sind, bis zur Dicke von 30 μ aus einzelnen braunen Hyphenbündeln zusammengesetzt und mit breitem Fuße dem Substrat aufsitzend. Die Flechte dringt nicht im geringsten in ihre Unterlage ein. Nach der Aufhellung der Schnitte mit Glyzerin und Chloralhydrat lassen sich auch die einzelnen kurzgliedrigen, verhältnismäßig dicken Hyphen erkennen, aus welchen jene Bündel bestehen. Die obere Rinde, aus dünnen farblosen Hyphen bestehend, ist 15 μ dick; darauf folgt die Gonidienzone, die durchschnittlich 35 μ Mächtigkeit besitzt, in einem extremen Fall sogar nicht weniger als 140 μ. Die einzelnen Nester bilden mehrere übereinander liegende Reihen.

---

[1] Birger Nilsen, Zur Entwicklungsgeschichte, Morphologie und Systematik der Flechten, pag. 7.

Die darauffolgende Markschicht hat nur 70 μ Durchmesser, ist farblos und besteht aus wirr durcheinander geschlungenen langgliedrigen Hyphen. Darauf folgt die untere Rindenschicht in der Dicke von nur 20 μ, die den Rhizinen als Ausgang dient; sie besteht aus kurzen, braunen Hyphen.

In bezug auf den anatomischen Aufbau der in Rede stehenden Flechte ist noch bemerkenswert, daß manche Lappen an ihrem Ende statt der gelbgrünen Farbe eine gelbbraune Färbung zeigten. Wie Querschnitte durch derartig verfärbte Lappen erkennen ließen, handelt es sich hier um verkümmerte oder im Absterben begriffene Thallusteile. Die Gonidienschicht ist nämlich auf 15 μ Dicke, also auf weniger als die Hälfte, reduziert, die einzelnen Nester liegen nur in einer Reihe nebeneinander. Die obere Rinde ist sogar nur 5 μ dick, während das Mark und die untere schwarzbraune Rindenschicht je 25 μ stark sind.

Die braune Färbung solcher Thalluslappen rührt von dem Durchscheinen jener unteren stark gefärbten Zone her, die oberen gar nicht oder nur schwach gefärbten, abnorm dünnen Schichten vermögen sie nicht zu verdecken.

Auch an alten, vollständig ausgewachsenen Exemplaren war nirgends eine bemerkenswerte Fettabscheidung zu beobachten.

Aus dem in vorstehendem mitgeteilten Befunde ergibt sich zur Evidenz, daß die Gonidienschicht nicht nur eine beträchtliche relative Mächtigkeit besitzt, sondern daß auch ihr absolutes Maß trotz der Dürftigkeit der Kruste dasjenige der Gonidienschicht vieler Kalkflechten mit stattlichem Lager übertrifft. Ohne schon hier diese Beobachtungstatsachen zu diskutieren, sei doch bereits im voraus bemerkt, daß ich in allen im folgenden mitgeteilten Fällen bei Silikatflechten den gleichen Aufbau vorfand: Je ausgeprägter der Charakter als Silikatflechte war, desto üppigere Ausbildung besaß die Gonidienschicht.

Pannaria microphylla (Sw.) Mass.

Arn. Lich. exsicc. No. 1031.

Die untersuchten Exemplare stammten vom Allgäu, vom Fuß des Grünten. Sie waren auf feinkörnigem, schwarzem Sandstein gewachsen, der keinen kohlensauren Kalk enthielt.

Das Lager ist aschgrau bis graubraun-schwärzlich und bildet

eine körnig-kleinschuppige Kruste. Schon makroskopisch lassen sich tiefe Spalten zwischen den einzelnen knorpeligen schuppigen Feldern wahrnehmen.

An Querschnitten durch den Thallus tritt die dachziegelige Anordnung besonders deutlich hervor. Man kann mehrere scharf und deutlich durch Begrenzungssäume voneinander getrennte Schichten unterscheiden. Jede dieser einzelnen Schichten muß als ein Individuum für sich angesehen werden, welches Gonidien und Hyphen enthält und von der darunter oder darüber liegenden Schicht durch einen schon obengenannten Begrenzungssaum getrennt ist. Letzterer besteht aus ganz kurzgliedrigen (3,5 μ Gliederlänge), verhältnismäßig dicken braunen Hyphen, die in Reihen von 4—5 angeordnet sind. Wie wir schon gesehen haben, findet über einen solchen Begrenzungssaum hinweg kein Wachstum der Einzelthalli statt.

Die einzelnen Schichten haben durchschnittlich 100 μ Durchmesser. Die Gonidienschicht überwiegt bei einer Dicke von 80—90 μ sehr stark, so daß in der Mitte nur eine ganz geringe Hyphenschicht wahrzunehmen ist. Die Gonidien sind reihenweise angeordnet und blaugrün gefärbt. An manchen Stellen sind vier bis fünf solcher Schichten übereinander angeordnet. Es ergibt sich somit, daß bei Pannaria microphylla (Sw.) Mass. die Gonidienentwicklung noch viel mehr überwiegt, als bei Imbricaria Mougeotii Schaer., macht sie doch 80—90 % des gesamten Thallus aus.

Gyalolechia luteoalba Turn. f. calcicola Nyl.

(Biatorina pyracea Ach. var. irrubata Leigth.)

Arn. Lich. exsicc. No. 281.

Das Untersuchungsmaterial stammte aus Pottenstein (Oberfranken), wo es auf dem Mörtel alter Scheuern gefunden wurde. Das Substrat erwies sich ziemlich calciumkarbonathaltend, wir haben es also hier mit einer sogenannten Kalkflechte zu tun. Die Untersuchung gerade dieser Art versprach Erfolg in bezug auf die Klarlegung der Beziehungen zwischen der Zusammensetzung des Substrates und dem anatomischen Aufbau des Flechtenkörpers, weil mir für eine vergleichende Untersuchung auch auf karbonatfreiem Substrat gewachsene Exemplare zur Verfügung standen. Bekanntlich sind trotz des großen Formenreichtums der Flechten die Fälle nicht häufig, wo ausgesprochene Kalkflechten sich auf karbonatfreien Unterlagen anzusiedeln vermögen.

Makroskopisch ist bei der oben genannten Form kaum ein Thallus zu bemerken; erst bei der Untersuchung mit dem Simplex bei 40facher Vergrößerung läßt sich ein unansehnlicher graugrüner Thallus wahrnehmen. Die ziemlich reichlich vorhandenen Früchte treten als schwarze Punkte hervor.

Zur näheren Untersuchung behandelte ich das Substrat mit verdünnter Salzsäure, um den Thallus zu isolieren. Es erwies sich nun auch hier, daß der Thallus, genau so wie es Lang für Sarcogyne angibt, fast ganz in das Substrat eingesenkt ist. Der Thallus besaß ca. 4 mm Mächtigkeit; der größte Teil davon entfällt auf den hyphoidalen Teil, während die Gonidienzone kaum 500 μ erreicht. Die Gonidien selbst sind in Nestern gruppiert, die Größe der einzelnen Algen betrug 15—17 μ.

Gyalolechia luteoalba Turn. f. ulmicola D. C.

Arn. Lich. exsicc. No. 1105.

Die untersuchten Exemplare waren auf der Borke einer alten Pappel bei Eichstätt gewachsen.

Hier fällt sofort auf, daß im Gegensatz zu der Form calcicola der epiphloeodische Thallus bedeutend stärker entwickelt ist. Der hypophloeodische Teil ist dagegen stark reduziert. Hyphen konnte ich zwar auch noch in einer Tiefe von 3 mm nachweisen, doch nur ganz vereinzelt, nicht als dichtes Plektenchym. Es spricht dieser Befund deutlich für die Abhängigkeit der Entwicklung der Flechten vom chemischen Charakter ihres Substrates, die Birger Nilsen bezweifelt. Er sagt hierüber wörtlich [1]:

„Daß auf mineralischem Substrat die chemische Einwirkung der Hyphen keineswegs beträchtlich ist, sondern daß dieselben sich vielmehr hauptsächlich mechanisch zwischen die vorher von den Atmosphärilien aufgelockerten Mineralpartikelchen ihren Weg bahnen, scheint von der Abhängigkeit vieler Flechten von gewissen Substraten hervorzugehen. Denn hier kommt es zweifelsohne nicht auf die chemische Beschaffenheit des Substrates, wohl aber auf die Porosität desselben an. Dafür sprechen mehrere Tatsachen, auf die ich doch jetzt nicht eingehen will.“

---

[1] Birger Nilsen, Zur Entwicklungsgeschichte, Morphologie und Systematik der Flechten, pag. 7.

Man müßte demnach erwarten, daß auf dem noch ziemlich harten Mörtel die Flechte sich hauptsächlich epilithisch, auf der weichen, rissigen, porösen und leichter durchdringbaren Rinde dagegen hauptsächlich im Substrat, also endophloeodisch, entwickeln würde, während in Wirklichkeit gerade das Umgekehrte der Fall ist.

Auch bei Gyalolechia aurella, die ich noch weiter unten ausführlicher behandeln werde, fand ich die Ansicht Nilsens nicht bestätigt. Das Substrat bestand aus Ziegelsteinen, die doch bekanntlich sehr porös sind, trotzdem fand nie ein Eindringen des Thallus oder auch nur einzelner rhizoidaler Hyphen in das Substrat statt. Es müssen also andere Gründe sein, welche das eine Mal die Hyphen veranlassen, tief in das Substrat hinabzuwachsen, das andere Mal sich fast nur auf der Oberfläche zu entwickeln.

Aus dem bisher Ermittelten ergibt sich nun deutlich, daß ein epilithischer Thallus in den Fällen entsteht, in welchen das Substrat keinen kohlensauren Kalk enthält. Je reicher an Calciumkarbonat dagegen das Substrat ist, desto tiefer dringt auch die Flechte in das letztere ein, und zwar ist es gleichgültig, ob das Gestein porös ist oder nicht. Lang beobachtete bei Sarcogyne simplex in 10 bis 15 mm Tiefe noch reichlich Hyphen in solidem, kalkhaltigem Gestein, was ich in allen von mir untersuchten Fällen bestätigt fand. Ferner ist die Gonidienschicht um so üppiger entwickelt, je ausgeprägter der epilithische bezw. epiphloeodische Charakter der Flechte ist. In vielen Fällen übertrifft die Mächtigkeit der Gonidienzone ganz erheblich den gesamten übrigen Thallus, ein Verhältnis, welches bei typisch endolithischen Kalkflechten bis jetzt noch niemals auch nur annähernd in dieser Weise beobachtet wurde.

Außer Fünfstück und Lang hat neuerdings auch Zopf auf den Einfluß des Substrates auf den Chemismus der Flechten hingewiesen. Er fand beispielsweise[1], daß bei Evernia furfuracea (L.) Zopf die baumbewachsende Form 4 % Physodsäure, 2,2 % Atranorsäure und wenig Furfuracinsäure enthält, die steinbewohnende dagegen 6 % Physodsäure, 2,75 % Atranorsäure und ebenfalls nur wenig Furfuracinsäure. Es ist also ein Unterschied beim Gehalt an Physodsäure von 2 % vorhanden, der nur in der chemischen Verschiedenheit des Substrates seine Ursache haben kann. Letzteres sucht Zopf dadurch zu beweisen, daß er verschiedene Exemplare von Evernia

---

[1] W. Zopf, Untersuchungen der Flechten in Beziehung auf ihre Stoffwechselprodukte, in „Beihefte zum botanischen Zentralblatt", Band XIV, Heft 1, 1903, pag. 104.

olivetorina (Zopf) auf demselben Substrat (Picea excelsa), aber in ganz verschiedenen Höhenlagen gewachsen, untersuchte.

Es kamen dabei Exemplare von Erlangen, dann von Tirol aus der Höhe von 1200 m, 1350 m und 2000 m zur Untersuchung: Bei sämtlichen fand er im Gehalt an Flechtensäuren völlige Übereinstimmung[1].

Die gleichen Erscheinungen beobachtete der genannte Autor[2] bei Evernia prunastri; bei der Untersuchung von Exemplaren auf Larix in der Nähe von Erlangen fand er 3,8 % Flechtensäuren; bei solchen auf Picea excelsa in Südtirol 2,7 %, bei Material von Populus nigra bei Münster 4,4 %; dagegen fand er einen Gehalt von 8,4 % bei einer auf einem alten Scheunentor gewachsenen Evernia prunastri. Der Einfluß des Substrates tritt hier ebenfalls deutlich hervor: bei den Flechten von den 3 ersten Fundorten schwankt der Gehalt um 0,6—1,1 %, bei dem Material von dem zuletzt genannten Standort schnellt der Gehalt an Flechtensäuren plötzlich auf das Doppelte hinauf. Im ersteren Falle handelt es sich um lebendige Substrate, im letzteren dagegen um totes, schon längst abgestorbenes.

Gyalolechia aurea (Schaer.) Mass.

Arn. Lich. exsicc. No. 790.

Das Untersuchungsmaterial stammte aus Tirol, wo es bei 2200 m Meereshöhe am Monte Castellazo bei Paneggio längs der Ritzen der Kalkriffe gesammelt worden war.

Die Kruste dieser Art ist grünlichgelb bis goldgelb. Bei Betrachtung mit bloßem Auge scheint der Thallus einheitlich zu sein, doch lassen sich nach dem Aufweichen in Wasser deutlich die einzelnen Thallusschollen, die hier schuppenartige Anordnung zeigen, wahrnehmen. Auf der Unterseite sind grosse, dicke, 5 mm lange Rhizinen ausgebildet, welche ziemlich reichlich verzweigt und darum ineinander verflochten sind. Die Flechte entwickelt sich typisch epilithisch.

Auf dem Querschnitt durch den Thallus ließ sich eine bis 70 μ dicke Gonidienschicht und eine bis 400 μ dicke Markschicht erkennen; die Rindenschicht war dagegen relativ sehr dünn, denn sie besaß nur eine Mächtigkeit von 7 μ. Die gelbgrünen Gonidien von 5 μ

---

[1] W. Zopf, l. c. pag. 104.
[2] Ders., l. c. pag. 117.

Größe lagen in Nestern beisammen; die einzelnen Thallusschollen sind durch Trennungssäume von ebenfalls gelbgrüner Farbe geschieden.

Aus dem in vorstehendem mitgeteilten Befunde ergibt sich, daß auch Gyalolechia aurea (Schaer.) Mass., ein Vertreter der ausgesprochen epilithischen Kalklichenen, in bezug auf die Entwicklung der Gonidienschicht mit unsern bisherigen Untersuchungsergebnissen in Einklang steht: Die Gonidienzone besitzt relativ eine sehr bedeutende Mächtigkeit, welche bei weitem diejenige der endolithischen Formen übertrifft.

Gyalolechia aurella Körb.

Arn. Lich. exsicc. No. 451.

Die untersuchten Exemplare wurden auf Ziegeln der Kirchhofmauer in Gronsdorf bei München gefunden. Das Substrat war kalkfrei; die vorliegenden Pflanzen sind somit als Vertreter reiner Silikatflechten anzusprechen. Die Spezies selbst ist übrigens nicht so wählerisch in bezug auf das Substrat, wie es sonst die Krustenflechten sind, denn sie kommt bekanntlich auch auf Tonschiefer, auf Moospolstern, ja zuweilen auch auf Baumrinden vor.

Der Thallus ist grünlichgelb, sehr zart und an manchen Stellen bis auf 150 μ reduziert, nur in der Umgebung der Früchte steigt seine Dicke bis 600 μ. Oft ist makroskopisch ein Thallus überhaupt nur in allernächster Nähe der Früchte wahrzunehmen.

Ein Eindringen der Hyphen in das Substrat war nirgends nachzuweisen, trotz der Porosität des Substrates. Die Gonidienschicht betrug bei den Schichten von mittlerer Stärke 170 μ. Ich beobachtete dabei eine eigentümliche Differenzierung in zwei ungleich dichte Lagen. Die obere Schicht von ca. 70 μ Durchmesser enthielt die Gonidien in bedeutend dichterer Anordnung als in der unteren ca. 100 μ dicken Lage, die nur aus einzelnen und zerstreuten Gonidien bestand. Die Gonidien selbst sind 11 μ dick und von gelblichgrüner Farbe. Diesen Gonidienschichten gegenüber besitzen die gesamten Hyphenschichten nur eine Dicke von 70 μ.

Begrenzungssäume sind zwar auch hier vorhanden, allein sie sind nur wenig ausgebildet, von dunklerer Farbe als der übrige Thallus.

Sowohl auf der Oberfläche des Thallus, als auch im Innern fanden sich graubraune Pilzhyphen eines parasitischen Pilzes von

ca. 4 μ Dicke häufig vor. Viele davon waren schon im Stadium der Gemmenbildung angelangt, wie sie z. B. Zopf[1] beschreibt. Doch konnte ich den Pilz, da keine Früchte aufzufinden waren, nicht näher bestimmen.

Bei der vorliegenden typisch epilithischen Silikatflechte verschieben sich somit die anatomischen Verhältnisse noch mehr zugunsten der Gonidienschicht, als bei der vorigen Art, bei welcher es sich zwar auch um eine epilithische Form, jedoch um eine Kalkflechte handelte. Der gesamte pilzliche Anteil am Lager der untersuchten Individuen von Gyalolechia aurella Körb. macht nur einen Bruchteil der Gonidienschicht aus.

Placodium Garovaglii (Körbr.).

Arn. Lich. exsicc. No. 1570.

Das Untersuchungsmaterial stammte aus Tirol und war auf kalkhaltigen Schieferblöcken östlich von Vogelsang bei Schlanders gewachsen.

Der Thalluskomplex hatte eine grünlichgraue Farbe und war in seinen Lappen wellig gebogen. Beim Ablösen der Flechte vom Substrat war letzteres an seiner Oberfläche dicht von einem weißen Hyphengeflecht überzogen: das Vorlager der Lichenologen. Auf dem Querschnitt zeigte es sich zunächst, daß durch die Beschaffenheit der Markschicht die wellige Form der Thalluslappen bedingt wurde; sie wechselte nämlich von 90—280 μ Dicke, ihre Mächtigkeit schwankte also sehr beträchtlich, während die Gonidienschicht durchweg die gleiche Stärke von 50 μ besaß. Die einzelnen Gonidien waren gelbgrün und zu Nestern vereinigt. Die obere Rindenschicht hatte 35 μ Durchmesser. Gegen das Substrat zu ist der Thallus durch eine schwarzbraune untere Rinde abgegrenzt, die aus gleichgefärbten, kurzgliedrigen, einander parallel verlaufenden Hyphen besteht. Einzelne Rhizinen jedoch durchbrechen diese Schicht und dringen bis 0,5 mm, also verhältnismäßig tief, in das Substrat ein, so daß die Gesamtdicke der Hyphenzone bis 780 μ ansteigt.

Die ermittelten Beobachtungstatsachen bestätigen wieder, was wir bisher ohne Ausnahme gefunden haben: Bei den Silikatflechten betrug das Verhältnis zwischen Hyphen- und Gonidienzone oft bis 3 : 1, manchmal war es für die Gonidienzone noch günstiger (cf. Gyalo-

[1] Zopf, Untersuchungen über die durch parasitische Pilze hervorgerufenen Krankheiten der Flechten, erste Abhandlung, pag. 12. Halle 1897.

lechia aurella Körbr.), so daß diese die Hyphenschicht an Stärke bedeutend übertrifft, während sich hier als Verhältnis der Schichten 15 : 1 ergibt. Nach unsern bisherigen Erfahrungen kann dies nur von dem Gehalt des Substrates an kohlensaurem Kalk herrühren.

Dimelaena Mougeotioides Nyl.

Arn. Lich. exsicc. No. 789 c.

Die untersuchten Pflanzen waren auf kalkfreiem Gneisfelsen des Braundorfer Berges bei Stein an der Donau gesammelt worden. Der Thallus war dem Substrat dicht angepreßt und von gelblichgrüner Farbe.

Beim Spalten des Substrates senkrecht zur Oberfläche ließen sich darin dicht unter der Oberfläche kleine Hohlräume wahrnehmen. In diesen Hohlräumen konnten mit dem Simplex bei 100facher Vergrößerung Hyphen und Gonidien bemerkt werden, letztere von rein grüner Farbe.

Der epilithische Thallus hatte im extremsten Fall bis 0,5 mm Mächtigkeit. Die obere Rinde war 15 μ dick, darauf folgte eine 140 μ dicke Gonidienschicht, aus einzelnen Gonidiengruppen bestehend. Der Durchmesser der einzelnen Gonidien schwankte zwischen 5 und 11 μ. Auffallenderweise waren diese epilithischen Gonidien nicht so rein grün gefärbt als die endolithischen, sie hatten vielmehr einen Stich ins Gelbliche.

Auf die Gonidienschicht folgen die Hyphen in einer Mächtigkeit von nur 105 μ. Es überwiegt also auch hier wie bei Gyalolechia aurella Krb. die Gonidienzone die Hyphenzone nicht nur relativ, sondern absolut.

Die einzelnen Thallusschollen sind von Trennungssäumen umschlossen, welche hellbraun gefärbt sind und aus kurzgliedrigen Hyphen bestehen. Die Breite dieser Säume schwankt zwischen 15 und 20 μ.

Auf der Oberfläche des Thallus waren kleine schwarze Punkte in größerer Anzahl sichtbar, deren Durchmesser nur 40—50 μ betrug. Sie erwiesen sich als Kanäle, die bis zur Hyphenschicht hinabreichten und in der Mitte von kurzgliedrigen braunen Hyphen ausgekleidet waren, ohne jeden Inhalt. Diese Bildungen, welche den Eindruck von Parasiten machen, erwiesen sich bei näherer Untersuchung als während der Entwicklung abgestorbene Früchte.

Pleopsidium chlorophanum Wbg.

Arn. Lich. exsicc. No. 1159 c.

Die Flechten waren auf Gneisfelsen im Donautal bei Rossatz gewachsen. Das Substrat war völlig frei von kohlensaurem Kalk. Das gelb gefärbte Lager ist im allgemeinen derb und schollig. Auch hier sind Trennungssäume und zwar von gelbgrüner Farbe vorhanden; sie sind ca. 30 μ dick und bestehen aus engverflochtenen Hyphen. Die obere Rinde ist 45 μ dick und besteht eigentlich aus zwei Schichten: einer äußeren gelben und einer inneren farblosen, die ganz allmählich ineinander übergehen. Die darunter befindliche Gonidienschicht hat eine Mächtigkeit von 150 μ. Die Gonidien sind bei der in Rede stehenden Art nicht in Nestern angeordnet, sondern treten vereinzelt und ziemlich regellos zwischen den Hyphen verteilt auf. Die Größe der einzelnen gelbgrünen Gonidien schwankt zwischen 7 und 9 μ.

Die Hyphenschicht hat eine Dicke von 560 μ. Im Substrat konnten selbst mit dem Simplex bei 100facher Vergrößerung keine Hyphen gefunden werden; es liegt somit ein völlig epilithischer Thallus vor.

Auch bei der vorliegenden, auf kalkfreiem Substrat gewachsenen Spezies finden wir somit die bisher ermittelten Beziehungen zwischen anatomischem Aufbau des Thallus und der Beschaffenheit des Substrates bestätigt, wenn auch die Entwicklung der Gonidienschicht nicht so extremer Natur ist wie in einzelnen der oben besprochenen Fälle.

Es seien nun zunächst in nachstehendem noch ganz kurz die für unsere Frage in Betracht kommenden Tatsachen mitgeteilt, welche ich an einer weiteren Anzahl, teils auf reiner Silikatunterlage, teils auf Silikat mit wenig Kalk gewachsenen Arten, feststellen konnte. Ohne Ausnahme ergibt sich aus den folgenden Einzelbeschreibungen, daß die Gonidienschicht um so kräftiger, der pilzliche Teil um so schwächer entwickelt ist, je weniger das Substrat Kalk enthält.

Callopisma rubellianum Ach.

Arn. Lich. exsicc. No. 431.

Die untersuchten Individuen stammten ebenfalls aus dem Donautal von calciumkarbonatfreien Amphibolschiefern bei St. Michael bei Spiez.

Der Thallus dieser Art ist ziemlich dünn, nur 360 μ stark, von rotbrauner Farbe. Die obere Rinde ist 30 μ dick und besteht aus gelbbraunen kurzgliedrigen Hyphen. Die dann folgende Gonidienschicht ist 70—80 μ stark. Die Algen sind gelbgrün und nicht in Gruppen, sondern einzeln reihenförmig angeordnet; ihre Größe schwankt zwischen 7 und 10 μ.

Die Hyphenschicht hatte 160 μ Durchmesser. An den Thallusrändern war eine 10 μ dicke Trennungsschicht entwickelt, die aus gelbbraunen kurzgliedrigen Hyphen bestand.

Aspicilia cinereorufescens Ach. subspec. sanguinea Krplh.

Arn. Lich. exsicc. No. 1584.

Die Flechte fand sich an größeren calciumkarbonatfreien Steinen eines Augit-Porphyrgerölles am Wege gegen die Seißer Alpe bei Wolkenstein im Grödener Tal (Tirol).

Auf dem Querschnitt durch den Thallus fällt sofort die bedeutende Dicke der Gonidienschicht auf. Bei einer Mächtigkeit des Thallus von 330 μ insgesamt nimmt die Gonidienzone 190 μ ein, so daß nach Abrechnung der Rinde nur noch etwas über 100 μ für die Hyphenschicht verbleiben. Die Gonidienschicht übertrifft also hier das Mark um fast das Doppelte. Die Rinde selbst ist schwarz und 15—30 μ dick. Von dieser Farbe rührt auch die aschgraue Farbe dieser Flechte her. Die Gonidien sind gelbgrün, 9 μ groß und in unregelmäßige Gruppen verteilt.

Aspicilia flavida Hepp.

Arn. Lich. exsicc. No. 1552.

Das Untersuchungsmaterial wurde auf calciumkarbonathaltigem Sandstein am Kaiserjoch nördlich von Pettneu in Arlberg (Tirol) gefunden.

Die Farbe des Thallus ist hellgraugelb, schmutzig, durch Anfeuchten geht sie in grün über.

Auch hier schien beim Betrachten mit bloßem Auge ein dünner einheitlicher Thallus vorzuliegen, doch erwies sich die Kruste bei der Untersuchung mit dem Simplex bei 60facher Vergrößerung als aus einzelnen Schollen oder Feldern zusammengesetzt, deren jede für sich einen Thallus darstellte.

Da der Sandstein ziemlich weich war, so war es möglich, die

Flechte nahezu vollständig vom Substrat loszulösen. Aus den noch anhaftenden Gesteinspartikelchen wurde dann das Calciumkarbonat herausgelöst und es konnten dann auch die noch anhaftenden, dadurch isolierten Quarzkörnchen ausgewaschen werden.

Im Gegensatz zu Aspicilia cinereorufescens Ach. hatte hier die Gonidienschicht im Verhältnis zur Hyphenzone nur die Mächtigkeit von 1 : 5.

Die stärkere Entwicklung der pilzlichen Komponenten der Flechte ist auf den Gehalt an kohlensaurem Kalk zurückzuführen.

Die gelbgrün gefärbten Gonidien liegen dicht beieinander und messen ca. 7 μ im Durchmesser.

Die aus kurzgliedrigen Hyphen bestehende Rinde, die eine Dicke von 10—15 μ hat, ist gelblich gefärbt.

Buellia minutula Hepp.

Arn. Lich. exsicc. No. 1776.

Die Flechte stammt von calciumkarbonatfreiem Substrat. Sie war auf Amphibolschieferfelsen bei St. Michael unweit Spiez an der Donau gefunden worden.

Der Thallus ist ziemlich dünn und von weißlichgrauer Farbe. Die Gonidienschicht besitzt eine Dicke von 40 μ und ist aus einzelnen Gonidiennestern zusammengesetzt. Die Gonidien selbst haben 5—7 μ Durchmesser und sind gelbgrün gefärbt. Die Hyphenzone besitzt 150 μ Durchmesser.

Auch hier bildet der Thallus nicht ein zusammenhängendes Ganze, sondern besteht je nach dem Stadium der Entwicklung aus einer größeren oder kleineren Zahl von Einzelthalli. Jeder derselben ist mit einem Umgrenzungssaum umgeben. Auch hier kommt, wie in allen bisher mitgeteilten analogen Fällen, das Längenwachstum der Hyphen zum Stillstand, sobald die Einzelthalli miteinander in Berührung treten. Die Trennungsschichten der einzelnen Thalli haben eine Stärke von 20—30 μ und sind vollständig schwarz gefärbt.

Wie sich aus den oben mitgeteilten Tatsachen ergibt, entwickelt sich die Gonidienschicht der auf calciumkarbonatfreiem Amphibolschiefer vegetierenden Flechten zwar auch nach dem Typus der Silikatflechten, allein ihre Mächtigkeit bleibt immerhin zurück gegenüber der Gonidienzone bei Aspicilia cinereorufescens Ach. subspec. sanguinea Krplh. auf Augitporphyr. Es verhält sich die

Mächtigkeit der Gonidienschicht zu derjenigen des Markes bei Callopisma rubellianum Ach. auf Amphibolschiefer wie 1 : 2, bei Buellia minutula Hepp. auf dem gleichen Substrat wie 1 : 4, bei Aspicilia cinereorufescens Ach. subspec. sanguinea Krplh. auf Augitporphyr wie 2 : 1.

Buellia aethalea Ach.

Arn. Lich. exsicc. No. 1767.

Das Untersuchungsmaterial war ebenfalls auf calciumkarbonatfreiem Gestein gewachsen. Es stammte aus Tirol, wo es an einzelnen größeren Porphyrblöcken im Nadelholzwald der Raschötz oberhalb Unterkofel bei St. Ulrich, Gröden, gesammelt worden war.

Die Gonidienschicht ist 125 μ dick und ist aus einzelnen 11 μ großen Gonidien zusammengesetzt, deren Farbe zwischen reingrün und gelblichgrün schwankt.

Die epilithische Hyphenschicht beträgt nur 70 μ, doch dringen vereinzelte Hyphen bis zu 3 mm in das Substrat ein.

Wie man sieht, liegt hier beinahe wieder dasselbe Verhältnis zwischen der Dicke der Gonidienschicht und der des Markes vor, wie bei Aspicilia cinereorufescens subspec. sanguinea Krplh. auf Augitporphyr. Alle Befunde sprechen dafür, daß calciumkarbonatfreier Porphyr einen ganz besonders fördernden Einfluß auf die Entwicklung der Gonidienschicht ausübt.

Catocarpus effiguratus Anz.

Arn. Lich. exsicc. No. 1556.

Die untersuchten Exemplare stammten gleichfalls sämtlich aus Tirol, wo sie auf Phyllitfelsen auf dem Gipfel des Wirt ober St. Christof in Arlberg gewachsen waren. Das Substrat erwies sich frei von kohlensaurem Kalk.

Die Kruste der fraglichen Art ist schwefelgelb, deutlich in einzelne Thalluslappen geteilt, deren Größe von 0,5—2 mm schwankt.

Das Substrat war auf der Oberfläche sehr uneben, von Rinnen und Furchen durchzogen, und da die Hyphen jede dieser Unebenheiten ausfüllten, so entstand in der Dicke des Thallus eine große Ungleichmäßigkeit. Ein Eindringen der Hyphen in das Gestein selbst konnte ich jedoch nirgends wahrnehmen.

Dagegen war ganz deutlich zu verfolgen, daß der Thallus von einem Zentrum aus sich strahlenförmig entwickelt hatte.

Die Gonidienschicht war 150—200 μ stark. Dabei ließ sich ein Unterschied in der Anordnung der Gonidien erkennen. Bis ca. 50 μ unter der Thallusoberfläche lagen die Gonidien sehr dicht beieinander und hatten dabei schön grüne Farbe. Dann folgte die Hauptschicht, in der die Gonidien ziemlich zerstreut lagen, und mehr hellgrüne Farbe hatten. Die Größe der einzelnen Gonidien blieb dabei die gleiche, in beiden Fällen 9 μ.

Die Hyphenschicht war nur 300 μ stark, ihre Mächtigkeit betrug also kaum das Doppelte der Gonidienzone.

Die obere Rinde ist farblos und sehr dünn, nur ca. 8—9 μ dick. Dadurch tritt die Färbung der tieferen Schichten stark hervor.

Die seitlichen Trennungssäume sind 10—15 μ dick und bestehen aus kurzgliedrigen braunen Hyphen.

Rhizocarpon grande (Flk.).

Arn. Lich. exsicc. No. 1557.

Das untersuchte Material stammte von Sandsteingeröll zwischen Pettneu und St. Jakob aus Arlberg in Tirol.

Die Farbe des Thallus ist aschgrau bis graubraun. Von den Lichenologen wird derselbe als „warzig" oder auch „geschwollenwarzig" beschrieben. Er besteht eben auch hier, wie so oft bei Krustenflechten aus Einzelthalli, welche mit Begrenzungssäumen versehen sind. Auf der Unterseite ist der Thallus durch eine schwarze Rinde abgegrenzt.

Die Gonidienschicht in der Stärke von 45 μ wird aus dicht beieinanderliegenden Gonidien gebildet. Die einzelnen gelbgrünen Gonidien haben eine Dicke von 9 μ.

Die Hyphenschicht hat 160 μ Durchmesser. Verhältnismäßig stattlich entwickelt ist die untere Rinde, ihre Dicke beträgt 50 μ. Sie ist in der gewöhnlichen Weise aufgebaut, d. h. sie besteht aus dunkeln kurzgliedrigen Hyphen. Ähnlichen anatomischen Bau zeigt die obere Rinde, die jedoch bedeutend dünner ist, nur 10 μ Durchmesser. Etwas dicker sind die seitlichen Begrenzungssäume mit 15 μ Durchmesser.

Wie die in vorstehendem mitgeteilten Messungen erkennen lassen, entspricht auch Rhizocarpon grande (Flk.) in bezug auf die anatomische Gliederung des Thallus dem Typus der Silikatflechten.

Lecidea obscurissima Nyl.

Arn. Lich. exsicc. No. 1586.

Die von mir untersuchten Pflanzen stammten aus dem Jamtal bei Galtur, Paznautal, Tirol, wo sie an einer Glimmerwand gewachsen waren. Das Substrat enthielt keinen kohlensauren Kalk.

Die Kruste ist nur grauschwarz und verdient somit nicht mit vollem Recht die Speziesbezeichnung. Sie stellt keinen geschlossenen Thallus dar, sondern besteht aus vielen kleinen Schollen.

Die Gonidienschicht ist auch bei dieser Art in zwei verschieden dichte Lagen getrennt, die eine obere Schicht, in welcher die Gonidien in großer Anzahl dicht aneinander gelagert sind, hat 90 μ Durchmesser, darauf folgt gegen das Innere zu noch eine 30 μ dicke Schicht, die ebensowohl zur Gonidien- als zur Hyphenzone gerechnet werden kann, denn hier sind die Gonidien zwischen den Hyphen zerstreut. Erst hierauf folgt die eigentliche Hyphenschicht mit 90 μ Durchmesser. Hier überwiegt also wieder die Gonidienschicht direkt die Hyphenschicht, bezw. wenn man die Übergangszone von 30 μ, in der ja Gonidien und Hyphen gleichmäßig verteilt sind, halb zur einen und halb zur andern Schicht rechnet, sind beide einander gleich. Es tritt uns also auch bei dieser Lecidea obscurissima Nyl. wieder der ausgesprochene Silikatflechtentypus entgegen.

Der Begrenzungssaum ist ziemlich dünn, er mißt nur ca. 5 μ.

Placographa tesserata D. C.

Arn. Lich. exsicc. No. 1768.

Das Untersuchungsmaterial stammte von Flyschsandsteinfelsen des Hügels südlich von Zell bei Pfronten im Allgäu. Das Substrat war sehr feinkörnig, teilweise schon erdig verwittert, im übrigen enthielt es keinen kohlensauren Kalk.

Der epilithische Thallus zerfiel in eine 90—100 μ dicke Gonidien- und eine 140—420 μ dicke Hyphenschicht. Ferner fanden sich noch einzelne Hyphen in 2 mm Tiefe im Substrat vor.

Die rein grünen Gonidien waren dicht aneinander gelagert, ihre Größe betrug 10—11 μ.

Die obere Rinde war 15 μ dick.

Die gleiche Stärke ungefähr hatte auch die Trennungszone, nur war diese schwarzbraun gefärbt.

Die grauweiße bis graubraune Kruste wird von den Lichenologen als „zusammenhängend, warzig gefeldert“ beschrieben. Tat-

sächlich ist jedoch der Thallus auch hier in einzelne selbständige Bezirke geteilt.

Die Ausmessungen der verschiedenen Thallusregionen ergeben wiederum völlige Übereinstimmung mit unsern bisherigen Untersuchungsergebnissen.

Lecanactis premnea Ach. form. argillacea Malbr.

Arn. Lich. exsicc. No. 1558.

Das Substrat war frei von Calciumkarbonat und bestand aus Mauerlehm der Häuser von Canisy, Dep. Manche, Hue.

Der Thallus dieser Flechte ist grünlich, mehlig, und unterschied sich in der Farbe nur wenig vom Substrat. Durch Aufweichen in Wasser und vorsichtiges Auswaschen gelang es, die Kruste vom Substrat zu trennen.

Auf einem Querschnitt hat die Gonidienschicht 110 μ Durchmesser und besteht aus hellgelbgrünen Gonidien von 7 μ Größe, die einzeln zerstreut waren. Die Hyphenschicht hatte hier eine Stärke von 350 μ. Das Verhältnis zwischen Gonidienschicht und hyphoidalem Teil ist hier 1 : 3, und tritt auch hier wieder das relative Überwiegen des Gonidienteils gegenüber der Hyphenschicht klar hervor.

Usnea barbata var. hirta Fr.

Zum Schluß seien noch Beobachtungen über eine rindenbewohnende Strauchflechte mitgeteilt, welche ich einer in dem Staatsforste Kaar und Lattemar (Südtirol) auftretenden Kalamität verdanke. In dem genannten Forst tritt nämlich Usnea barbata in solcher Masse auf, daß es den Anschein gewinnt, es würde der Bestand durch die Flechte zu Grunde gerichtet. Ein überaus reiches Untersuchungsmaterial aus dem genannten Forst wurde mir von Herrn Prof. Dr. M. Fünfstück bereitwilligst überlassen.

Zum vollen Verständnis der Sachlage scheint es mir erforderlich, einige Angaben über die Vegetationsverhältnisse in dem fraglichen Gebiet vorauszuschicken.

Der Reichsforst Kaar und Lattemar liegt zwischen 1400 und 2000 m ü. M. Allenthalben sind die Stämme von Usnea besiedelt, mit wenig Ausnahmen sehr reichlich und in üppigen Exemplaren. Die Hauptholzart ist die Fichte; die Tanne ist nur in den unteren Lagen vorhanden, und zwar nur ganz vereinzelt eingesprengt. In

den höheren Lagen tritt Larix decidua Mill. und Pinus Cembra L. auf. In den obersten, an der Waldgrenze befindlichen Lagen tritt die Fichte zurück und es kommen dort hauptsächlich Lärche und Zirbelkiefer vor. Diese Waldgrenze, über welcher sich sogleich das Steingerölle von den Schutthalden des Lattemar befindet, und nicht weit davon entfernt sich die gewaltigen Felsmassen desselben auftürmen, ist nicht zugleich auch die Vegetationsgrenze. Die Baumgrenze ist durch die Terrainbeschaffenheit bedingt, welch letztere als sehr ungünstig für den Baumwuchs bezeichnet werden muß. Es fehlt der allmähliche Übergang in die Zwerg-, Krüppel- und Strauchform, die für die Baumvegetationsgrenze sonst charakteristischen Merkmale. Daß die Verhältnisse für den Baumwuchs im Gebiet sehr ungünstig liegen, erhellt aus den kleinen Jahresringen des Holzes ($1^1/_2$—2 mm im Durchschnitt), dann aber auch gerade aus dem massenhaften Auftreten der Usnea. Die genannte Flechte vegetiert auf totem Gewebe. Auch in dem Reichsforst Kaar und Lattemaar findet sie sich auf älteren und alten Baumindividuen derart, daß deren Äste außen frei, innen von ihr befallen sind; hier ist es die schwache, schon abgestorbene Verästelung, an welcher die Usnea üppig vegetiert. Die Jugend ist auch dort von Usnea nicht befallen.

Bekanntlich sind für die obere Baumgrenze nicht allein die klimatischen Verhältnisse maßgebend, sondern wesentlich auch die Wasserversorgung; in dem Grade, als letztere unzureichend wird, verkümmert der Baumwuchs und sinkt die Baumgrenze herab. Das ist in unserem Gebiet der Fall. Anderseits ist die Luftfeuchtigkeit hinreichend groß, um ein üppiges Gedeihen der Usnea zu ermöglichen. Ist dagegen die Bodenfeuchtigkeit groß genug, so stellt sich trotz reichlicher Luftfeuchtigkeit Usnea nicht in nennenswerter Weise ein, eben weil der Bestand sich gesund entwickeln kann. Letzteres ist beispielsweise im Berner Oberlande der Fall, wo man bei gleicher Meereshöhe in den Wäldern auf wasserreichem Boden, z. B. über Wengen, nur selten auf ganz bescheidene Exemplare von Usnea trifft.

Die Verhältnisse in dem in Rede stehenden Gebiet liegen also so, daß sich bei genügender Luftfeuchtigkeit Usnea auf dem verkümmerten Bestande einstellt und nicht, wie vermutet wurde, die Verkümmerung des Bestandes eine Folge der Usneavegetation ist.

Ich untersuchte zunächst einen Ast von Pinus Cembra L. mit Usnea barbata var. hirta Fr. Der betreffende Zweig war vollständig mit Usnea bedeckt, hauptsächlich auf der Oberseite, doch war er

noch lebend, während kleine Nebenästchen abgestorben waren. Letztere waren vollständig mit Usnea überwuchert.

Die stärksten Exemplare von Usnea waren stets an der Basis des Astes zu finden, während gegen den Scheitel zu nur ganz vereinzelte Thalli von kaum 1 cm Länge zu finden waren, im Gegensatz zu den ersteren, die bis 20 cm Länge hatten.

Was die Befestigung des Thallus auf dem Substrat anbetrifft, so dringt, wie schon Schwendener in seinen klassischen „Untersuchungen über den Flechtenthallus" angibt, der Markstrang bis zu einem gewissen Grade in die Rinde ein. Bei schwächerer Vergrößerung betrachtet, erscheint der Thallus wie abgeschnitten, was auch Schwendener völlig zutreffend abbildet. Bei stärkerer Vergrößerung jedoch bemerkt man deutlich, wie sich das Markhyphenbündel teilt und einzelne Stränge von Hyphen, aus ca. 10—12 einzelnen Hyphen bestehend, tief in das Substrat eindringen durch die abgestorbene Rinde hindurch in das lebende Gewebe, wo sie sowohl zwischen den einzelnen Zellen unter Resorption der Mittellamellen hindurchwachsen, als auch in einzelne lebende Zellen eindringen. Letzteres findet jedoch, soviel ich ohne Ausnahme feststellen konnte, nur bei sehr kräftigen Flechtenindividuen statt. Der Beobachtung stellen sich hier sehr große Schwierigkeiten entgegen. Einmal kommen, wie es scheint, Perforationen der Membran lebender Zellen von seiten der Flechtenhyphen sehr selten vor, dann aber starben die so angegriffenen Zellen offenbar sehr bald ab, und es läßt sich dann auf rein anatomischem Wege nicht mehr entscheiden, ob die Zellwand im lebenden Zustand des Protoplasten durchbohrt wurde oder ob die Wand der abgestorbenen Zelle chemische Umwandlungen erfahren hat und erst dann von den Flechtenhyphen gelöst werden konnte. Ich pflichte in letzterer Beziehung den Anschauungen Lindaus[1] vollkommen bei, während die von ihm aufgestellten Sätze: „Das Wachstum der Hyphen erfolgt nur intercellular durch Auseinandersprengen der Peridermschichten; niemals finden Durchbohrungen der Membran statt. Eine direkte Lösung der Cellulose durch die Hyphen ist ausgeschlossen" . . . in solcher Allgemeinheit nach meinen oben mitgeteilten Beobachtungen nicht haltbar sind.

Rings um den Anheftungspunkt kräftiger Usnea-Individuen waren dicke braunschwarze Massen verteilt, die bei älteren Exem-

[1] G. Lindau, Lichenologische Untersuchungen, Heft I, pag. 64. Dresden 1895.

plaren wohl noch ein wenig den Thallus an der Basis und nach aufwärts überzogen, jedoch am meisten auf den strahlenförmig auf dem Substrat sich ausbreitenden Hyphenbündeln zu finden waren. Selbst bei ganz dünnen Schnitten waren diese Gebilde undurchsichtig.

Erst auf Zusatz von Chloralhydrat trat Aufhellung ein und es ließ sich nun ein Gewirr von braunen, kugelig gegliederten Hyphen erkennen. Die Dicke der Glieder betrug ca. 10—11 μ, die Länge derselben schwankte sehr und konnte bis 200 μ erreichen. Die Hyphen waren sehr reich und unregelmäßig verzweigt, manchmal geweihartig, manchmal kronleuchterartig hin und her gekrümmt. An der Spitze der einzelnen Hyphenfäden befand sich je eine ungefähr doppelt so lange Zelle, gegen das Ende zu etwas zugespitzt.

Früchte waren nur sehr selten zu finden und dann waren sie in ihrer Entwicklung selten so weit vorgeschritten, daß sie reife Sporen enthielten. Die Früchte stellten winzige Perithecien dar von ca. 20—70 μ Durchmesser, die auf dem Medianschnitt ein wabenartiges Bild boten. Mit der Nadel auseinandergezupft, zerfielen sie in einzelne kleine Zellen von ca. 3 μ Durchmesser. Diese die Perithecien aufbauenden Hyphen sind also viel zarter als die vegetativen Hyphen. Reife Sporen haben elliptische Form, sind braun gefärbt und besitzen 10,5 μ Länge und 7,5 μ Breite. In der Mitte haben sie eine Scheidewand, die Wandung ist aber hier nicht eingezogen.

Ein Stück Rinde von einem mit Usnea befallenen Zweig wurde an einer von der Flechte nicht bewachsenen Stelle mit dem Simplex auf etwaiges Vorhandensein in bezug auf den fraglichen Pilz untersucht. Es zeigte sich, daß der Pilz auch hier an den von Usnea nicht befallenen Stellen vorkam. Er drang hier etwas in die oberste Rindenschicht ein, die abgestorben war.

Bei einer Usnea, die auf Abies excelsa an demselben Standort gewachsen war, war weder am Anheftungspunkt noch auf der Rinde etwas von den Pilzhyphen zu finden.

Auf Usnea von Larix decidua Mill. und Lonicera coerulea L. aus dem gleichen Forst waren ähnliche, jedoch bedeutend kleinere Hyphenwucherungen des fraglichen Pilzes und nur in geringer Anzahl vorhanden.

Diese Beobachtungen sprechen sehr dafür, daß der Pilz Usnea auf Pinus Cembra sehr bevorzugt und vielleicht nur gelegentlich auf andere Substrate übergeht.

Schon Zopf[1] hat einen ähnlichen Pilz beschrieben, den er auf Lecanora badia fand und Sphaerellothecium araneosum genannt hat.

So übereinstimmend nun in einigem die beiden Formen sind, z. B. in der Ausbildung der Hyphen und Perithecien, so zeigen sie doch wieder so große Unterschiede, daß sich die Aufstellung einer eigenen Art nicht umgehen läßt. Ich nenne ihn wegen seines Vorkommens:

Sphaerellothecium alpestre nov. spec.

Mycel epiphytisch, in der Fläche ausgebreitet, aus weitlumigen, kugeligen, braunen Zellen bestehend, reich und unregelmäßig verzweigt; Perithecien selten, kugelig mit dünner Wandung, nur außen gebräunt; Schläuche in geringer Anzahl mit Jod keine Färbung gebend, achtsporig; Sporen elliptisch, zweizellig ohne Einschnürung in der Mitte, 10 : 7 μ, von brauner Farbe.

Der beschriebene Pilz ist bis jetzt nur aus dem Reichsforste Kaar und Lattemar bekannt; er kommt vielleicht selten vor, denn ich fand ihn bis jetzt noch niemals auf Usnea von andern Standorten (Schwarzwald, Alb, Schweiz).

Er lebt sowohl saprophytisch als parasitisch, denn wie wir gesehen haben, kommt er auf der abgestorbenen Rinde für sich allein vor. Auf Usnea entwickelt er sich am kräftigsten, wo er am Grunde des Thallus an den Stellen hauptsächlich sitzt, wo die Markhyphenbündel in das Substrat eindringen.

Zusammenfassung der Hauptergebnisse.

Der von den Lichenologen bei sehr vielen Krustenflechten als warzig, körnig, gefeldert, staubig etc. beschriebene Thallus ist kein zusammenhängendes Ganzes, sondern besteht aus zahlreichen selbständigen Einzelindividuen. Das Wachstum der letzteren wird eingestellt, in der Regel unter Ausbildung eines Begrenzungssaumes, sobald die Einzelthalli miteinander in Berührung treten. Es ist in hohem Grade wahrscheinlich, daß nur in seltenen Fällen diese Einzelthalli Keimungsprodukte von Sporen sind. Sie entstehen jedenfalls sehr häufig dadurch, daß die über das Substrat weit hinwachsenden Thallushyphen auf ihnen als Gonidien zusagende Algen treffen.

[1] Zopf, Untersuchungen über die durch parasitische Pilze hervorgerufenen Krankheiten der Flechten, erste Abhandlung, pag. 82 ff. Halle 1897.

An Silikatflechten treten weder Ölhyphen noch Sphäroidzellen auf, auch dann nicht, wenn sie bis zu einer Tiefe in das Substrat hinabwachsen, bei welcher an Kalkflechten regelmäßig jene Ölzellen vorhanden sind.

Die Gonidienschicht der Silikatflechten besitzt im Vergleich mit den Kalkflechten eine sehr beträchtliche Mächtigkeit; letztere übertrifft häufig diejenige der Hyphenschichte um das Mehrfache, eine Erscheinung, welche bisher bei den Kalkflechten noch niemals beobachtet worden ist. Die chemische Zusammensetzung des Substrates ist nicht allein von Einfluß auf den Chemismus der Hyphen, sondern auch auf die Entwicklung der Gonidien.

Die Rindenflechten entwickeln sich zwar ganz allgemein auf abgestorbenem Substrat und werden infolgedessen der Baumvegetation nicht gefährlich, allein in besonders für den Flechtenwuchs günstigen Fällen sind die Hyphen auch imstande, durch die Membran in die lebende Zelle einzudringen und letztere dadurch zum Absterben zu bringen.

Lebenslauf.

Ich, Albert Friederich, evangelischer Konfession, wurde am 30. Juli 1879 zu Cannstatt a. Neckar (Württemberg) als Sohn des Kassiers Joseph Friederich und seiner Gemahlin Mina geb. Entenmann geboren. Nachdem ich das Lyzeum zu Cannstatt und das Gymnasium zu Schwäbisch-Hall bis zur 7. Klasse besucht hatte, widmete ich mich dem Apothekerberuf und bezog nach dreijähriger Lehr- und dreijähriger Gehilfenzeit im Wintersemester 1900/01 die Königlich technische Hochschule zu Stuttgart, wo ich anfangs des Sommersemesters 1902 das pharmazeutische Staatsexamen bestand. Nachdem ich im Sommersemester 1902 am Botanischen Institut der Königlich technischen Hochschule zu Stuttgart gearbeitet hatte, bezog ich im Wintersemester 1902/03 die Universität Würzburg.

Meine Lehrer waren:

In Stuttgart die Herren Professoren:
Fünfstück, Häcker, Häußermann, Hell, Kehrer, Koch, Schmidt, Mäule, Kauffmann.

In Würzburg die Herren Professoren:
Kraus, Beckenkamp, Hantzsch, Tafel, Medicus.